คาร์บอนฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์เสื้อจากผ้าบาติก

นิตยา ศิริวัน[1*] และ ชลิตา สุวรรณ[2]

บทคัดย่อ

บทความนี้เป็นการศึกษาวิจัยเชิงประยุกต์เพื่อวิเคราะห์การปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกตลอดวัฏจักรชีวิตของเสื้อผ้าบาติก ของร้านสมบูรณ์สิ่งทอ จังหวัดเชียงใหม่ โดยมีการกำหนดหน่วยการทำงานของระบบคือ เสื้อคอเชิ้ตผ้าบาติกลายดอกกุหลาบ ผลิตจากผ้าทอฝ้าย ขนาดอก 42 นิ้ว จำนวน 1 ตัว โดยทำการประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจกตั้งแต่กระบวนการผลิตวัตถุดิบ การขนส่ง การผลิตผลิตภัณฑ์ การใช้งานผลิตภัณฑ์ จนกระทั่งการกำจัดซากผลิตภัณฑ์และบำบัดน้ำเสีย ผลการวิจัยพบว่าปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่เกิดจากวัฏจักรชีวิตของเสื้อผ้าบาติกมีค่าเท่ากับ 3.59 kg CO_2-eq กระบวนการที่ปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกมากที่สุด คือกระบวนการผลิตวัตถุดิบ มีการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกปริมาณ 2.69 kg CO_2-eq ซึ่งคิดเป็นร้อยละ 74.8 รองลงมาคือกระบวนการผลิต กระบวนการใช้งาน กระบวนการกำจัดซากและบำบัดน้ำเสีย และกระบวนการขนส่ง ซึ่งมีปริมาณการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกคิดเป็นสัดส่วนร้อยละ 15.35, 8.95, 0.6 และ 0.3 ตามลำดับ การวิจัยในครั้งนี้ได้นำเสนอแนวทางการลดปริมาณการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจก โดยการเลือกใช้ผ้าทอจากเส้นใยฝ้ายที่ผลิตแบบออร์แกนิกส์ และเลือกสีที่ใช้ในการย้อมลายผ้าบาติกเป็นสีจากธรรมชาติ

คำสำคัญ : ก๊าซเรือนกระจก, ผลิตภัณฑ์สิ่งทอ, คาร์บอนไดออกไซด์

[1] ภาควิชาการจัดการอุตสาหกรรม, คณะเทคโนโลยีและการจัดการอุตสาหกรรม, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

[2] ภาควิชาเทคโนโลยีการออกแบบผลิตภัณฑ์และจัดการอุตสาหกรรมก่อสร้าง, คณะเทคโนโลยีและการจัดการอุตสาหกรรม, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

[*] ผู้ติดต่อ, อีเมล์: nittayasi@kmutnb.ac.th รับเมื่อ 26 กรกฎาคม 2559 ตอบรับเมื่อ 29 กรกฎาคม 2559

Carbon Footprint of Batik Shirt

Nittaya Siriwan[1*] and Chalita Suwan[2]

Abstract

This is an applied research to analyze greenhouse gases of a batik shirt's life cycle from Somboon Textile Factory in Chiang Mai. The functional unit of the system was set to be a rosette batik shirt with the chest size of 42 inches which was made from cotton weave. The greenhouse gases assessment started from raw material, production, transportation, distribution, usage until final disposal. The results showed that the greenhouse gases released from batik shirt's life cycle was 3.59 kg CO_2-eq The highest gases released process was raw material process which was 2.69 kg CO_2-eq or 74.8 % and production process, followed by usage process, final disposal and water treatment process and transportation process respectively. The released gases were calculated as 15.35, 8.95, 0.6 and 0.3 % respectively. The suggestion from this applied research in greenhouse gases reduction was to choose organic cotton weave which has fabric's factor lower than the original weave by 59.5% and select natural dye to color the batik cloth.

Keywords : Greenhouse Gases, Textile, Carbon dioxide

[1] Department of Industrial Management, Faculty of Industrial Technology and Management, King Mongkut's University of Technology North Bangkok.

[2] Department of Construction Design and Management, Faculty of Industrial Technology and Management, King Mongkut's University of Technology North Bangkok.

[*] Corresponding author, E-mail: nittayasi@kmutnb.ac.th Received 26 July 2016, Accepted 29 July 2016

1. บทนำ

อุตสาหกรรมสิ่งทอเป็นอุตสาหกรรมที่มีความสำคัญต่อระบบเศรษฐกิจของไทยเป็นอย่างมาก เนื่องจากเป็นอุตสาหกรรมที่มีมูลค่ามวลรวมที่สูง ประเภทหนึ่งของประเทศ และยังเป็นอุตสาหกรรมส่งออก สำหรับแนวโน้มอุตสาหกรรมสิ่งทอ การผลิตและการส่งออกปี 2559 คาดว่า จะขยายตัวดีขึ้นเมื่อเปรียบเทียบกับปี 2558 หากภาวะเศรษฐกิจในประเทศและประเทศคู่ค้าขยายตัว [1] โดยหนึ่งในสัดส่วนทางการตลาด ของการส่งออกผลิตภัณฑ์เครื่องนุ่งห่มที่ทำจากผ้าฝ้ายคือ ผลิตภัณฑ์ผ้าบาติก ซึ่งหนึ่งในผลิตภัณฑ์ผ้าบาติกที่มีการส่งออกไปนั้น คือ ผลิตภัณฑ์เสื้อจากผ้าบาติก

คาร์บอนฟุตพริ้นท์ (Carbon Footprint) ของผลิตภัณฑ์ต่างๆในปัจจุบันได้มีผู้ให้ความสนใจเป็นจำนวนมาก มีการตื่นตัวของการดำเนินธุรกิจในกระแสการรักษาสิ่งแวดล้อมภายใต้ภาวะโลกร้อนและการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ ทำให้ผู้ผลิตรวมไปถึง Suppliers ในห่วงโซ่อุปทานจำเป็นต้องเตรียมความพร้อมด้านข้อมูลการผลิตที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมให้แก่ผู้บริโภค เนื่องจากสินค้าที่ได้รับเครื่องหมายมาตรฐานสิ่งแวดล้อม (Eco Label) นั้นดูเป็นสิ่งที่น่าดึงดูดใจในสายตาของผู้บริโภค และเริ่มมีการให้ความสนใจในเทคโนโลยีสะอาด (CT) เพื่อมาช่วยในจัดการน้ำเสียได้อย่างมีประสิทธิภาพในการเปลี่ยนแปลงของปริมาณของเสียและมลพิษทางน้ำ รวมทั้งใช้ทรัพยากรน้ำ พลังงานไฟฟ้า [2] และด้านเศรษฐศาสตร์ ในอุตสาหกรรมสิ่งทอจัดเป็นอุตสาหกรรมที่ใช้พลังงานค่อนข้างสูง เพื่อลดต้นทุนการผลิตของอุตสาหกรรม การเพิ่มประสิทธิภาพการใช้พลังงานจึงเป็นสิ่งจำเป็น และยังส่งผลให้ สามารถลดการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจก [3]

การศึกษากระบวนการตลอดวัฏจักรของเสื้อผ้าฝ้ายบาติกใช้รูปแบบการประเมินแบบ Business-to-Consumer (B2C) ซึ่งเป็นการประเมินตั้งแต่กระบวนการได้มาซึ่งวัตถุดิบ กระบวนการผลิต กระบวนการใช้งาน จนกระทั่งกระบวนการกำจัดซากและบำบัดน้ำเสีย [4] ซึ่งในแต่ละกระบวนการ มีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกออกมาในปริมาณที่แตกต่างกันปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่ปล่อยออกมาดังกล่าวเป็นปัจจัยสำคัญที่ทำให้เกิดภาวะโลกร้อน [5] ด้วยเหตุนี้ทางผู้วิจัยจึงได้เล็งเห็นถึงความสำคัญ ของความพยายามลดปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในกระบวนการผลิตเสื้อจากผ้าบาติก โดยได้เลือกใช้เครื่องมือที่เรียกว่า “คาร์บอนฟุตพริ้นท์ (Carbon Footprint)” เข้ามาช่วยในการประเมินปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก ซึ่งผลที่ได้จากการวิจัยนี้ ทำให้ทราบค่าคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์เสื้อจากผ้าบาติก และค่าคาร์บอนฟุตพริ้นท์ที่ได้สามารถนำมาใช้เป็นข้อมูลเพื่อพิจารณาปรับปรุงในกระบวนการทำผลิตภัณฑ์เสื้อจากผ้าบาติก ให้มีการลดลงของการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกออกสู่ชั้นบรรยากาศ โดยที่ผู้วิจัยเลือกดำเนินการศึกษาเก็บข้อมูล และประเมินปริมาณการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจก จากร้านสมบูรณ์สิ่งทอ จังหวัดเชียงใหม่

2. วิธีวิจัย

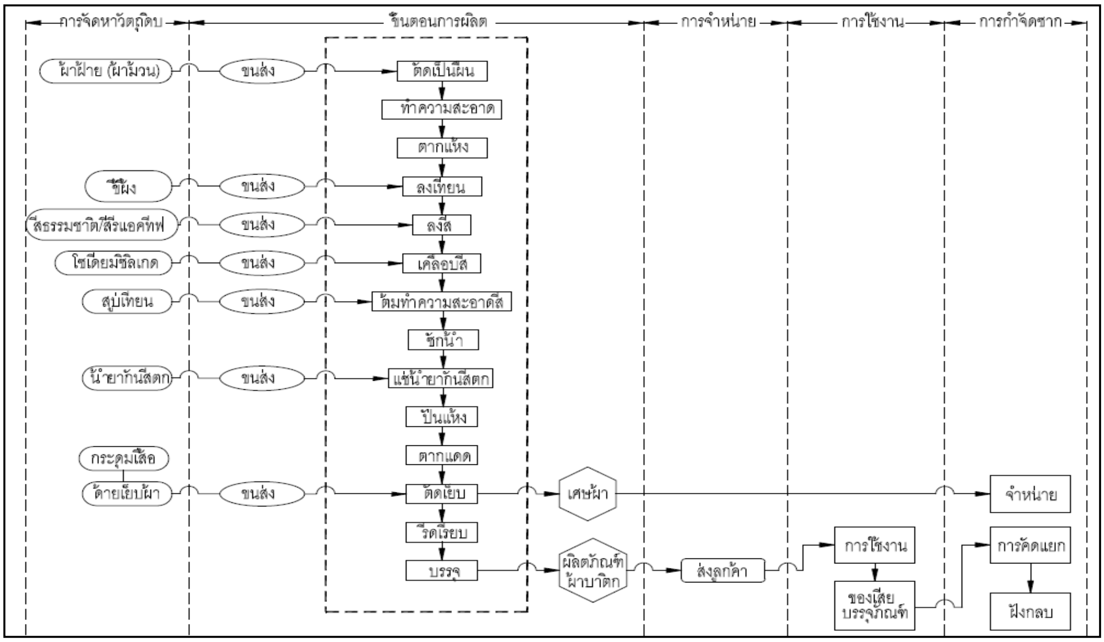
การศึกษานี้เป็นการวิจัยเชิงประยุกต์เพื่อวิเคราะห์การปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่เกิดตลอดวัฏจักรชีวิตของเสื้อผ้าบาติกโดยทำการประเมินการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกตั้งแต่กระบวนการขนส่ง กระบวนการ

ได้มาซึ่งวัตถุดิบ กระบวนการผลิต กระบวนการใช้งาน จนกระทั่งกระบวนการกำจัดซากและบำบัดน้ำเสีย โดยทำการรวบรวมข้อมูลจากแหล่งปฐมภูมิและทุติยภูมิ และทำการวิเคราะห์ผลกระทบสิ่งแวดล้อมทางด้านศักยภาพในการก่อให้เกิดภาวะโลกร้อนโดยวิธีการคำนวณคาร์บอนฟุตพริ้นท์ ในรูปของคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า (kg CO_2-eq) [4] ที่เกิดขึ้นทั้งหมดในวงจรชีวิตของเสื้อผ้าบาติก ร้านสมบูรณ์สิ่งทอ จังหวัดเชียงใหม่

2.1 การกำหนดเป้าหมายและขอบเขตของการศึกษา

การศึกษานี้มีเป้าหมายเพื่อประเมินการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกของเสื้อผ้าบาติก ร้านสมบูรณ์สิ่งทอ จังหวัดเชียงใหม่โดยกำหนดหน่วยการทำงานของระบบเพื่อเป็นฐานอ้างอิงคือ เสื้อคอเชิ้ตบาติกผ้าฝ้ายทอขนาดอก 42 นิ้ว จำนวน 1 ตัว ดังรูปที่ 1 ใช้รูปแบบการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์แบบ Business-to-Consumer (B2C) ทำการศึกษาภายใต้ขอบเขตที่กำหนดไว้ รายละเอียดดังรูปที่ 2

รูปที่ 1 เสื้อผ้าบาติกคอเชิ้ตลายกุหลาบ



รูปที่ 2 ขอบเขตของกระบวนการผลิตเสื้อผ้าบาติก

2.2 การวิเคราะห์เพื่อทำบัญชีรายการสิ่งแวดล้อม

การเก็บข้อมูลปฐมภูมิและทุติยภูมิที่เกี่ยวข้องเพื่อจัดทำบัญชีรายการสิ่งแวดล้อม เพื่อให้ทราบข้อมูลเบื้องต้นของการผลิต [6] เช่น ปริมาณสารขาเข้า ปริมาณสารขาออก ของเสีย การใช้พลังงานและกระบวนการผลิตเสื้อผ้าบาติกร้านสมบูรณ์สิ่งทอ จังหวัดเชียงใหม่ เพื่อนำมาทำบัญชีรายการ (Inventory) [7] โดยจัดทำบัญชีรายการแยกตามกระบวนการตลอดวัฏจักรชีวิตของเสื้อผ้าบาติก

2.3 การประเมินผลกระทบการปล่อยก๊าซเรือนกระจก

เมื่อได้ข้อมูลในขั้นตอนการทำบัญชีรายการทั้งหมดแล้ว ทำการคำนวณปริมาณการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกของเสื้อผ้าบาติก โดยคูณกับค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยก๊าซเรือนกระจก ให้อยู่ในรูปของหน่วยเทียบเท่าต่อเสื้อผ้าบาติกจำนวน 1 ตัว ซึ่งผลลัพธ์ที่ได้จะแสดงในหน่วยของกิโลกรัมคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า (kg CO_2-eq) ต่อการผลิตเสื้อผ้าบาติก จำนวน 1 ตัว สามารถคำนวณโดยใช้สมการคำนวนคาร์บอนฟุตพริ้นท์ดังนี้ [8]

ปริมาณก๊าซเรือนกระจกจากกิจกรรม (kg CO_2-eq) (1)
= ข้อมูลกิจกรรม x ค่าสัมประสิทธ์การปล่อยก๊าซเรือนกระจก
(หน่วย) (kg CO_2-eq/หน่วย)

2.3.1 คาร์บอนฟุตพริ้นท์ของการผลิตวัตถุดิบ

ในการใช้สารเคมีในกระบวนการผลิตเสื้อผ้าบาติก จะใช้ในขั้นตอนการทำลวดลายผ้า หรือทำผ้าบาติก เช่น การทำความสะอาดผ้าก่อนเขียนลาย ใช้การต้มทำความสะอาดด้วยสบู่เทียม และสารเคมีที่ใช้ในกระบวนการผลิตคือ ขี้ผึ้ง พาราฟีน สีย้อมผ้า โซเดียมซิลิเกต สำหรับการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกเนื่องจากใช้สารเคมี ให้คิดเป็นการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกทางอ้อม โดยคิดเป็นการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกเนื่องจากการผลิตสารเคมี ส่วนการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกในขั้นตอนการใช้สารเคมีไม่พบการปลดปล่อยก๊าซกระจกสู่ชั้นบรรยากาศ

2.3.2 คาร์บอนฟุตพริ้นท์ของกระบวนการขนส่ง

การขนส่งวัตถุดิบ ขนส่งผ้าฝ้ายบาติกลายกุหลาบเพื่อตัดเย็บเป็นเสื้อเชิ้ต และขนส่งช่วงการกำจัดซาก วิธีการคำนวณการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการขนส่ง สามารถคำนวณโดยใช้สมการดังนี้ [8]

บรรทุกเต็มความจุ 100% (เที่ยวไป)
ก๊าซเรือนกระจก [kg CO_2- eq] (2)
= ภาระการขนส่ง X สัมประสิทธิ์การปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากภาระการขนส่ง
(tkm) (kg CO_2-eq/หน่วย)

วิ่งเปล่า 0% (เที่ยวกลับ)
ก๊าซเรือนกระจก [kg CO_2- eq] (3)
= ระยะทางการวิ่งรถเปล่า x (ภาระการขนส่ง ÷ น้ำหนักบรรทุก)
(km) (t) (t)
x สัมประสิทธิ์การปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากภาระการขนส่ง
(kg CO_2-eq/หน่วย)

1. การขนส่งวัตถุดิบ

การขนส่งวัตถุดิบเนื่องจากวัตถุดิบบางประเภทเป็นวัตถุดิบที่แหล่งผลิตไม่ได้อยู่ภายในประเทศ หรือไม่สามารถเก็บข้อมูลการขนส่งได้ จึงต้องอ้างอิงสถานการณ์สมมติตามข้อกำหนดเฉพาะของผลิตภัณฑ์

เครื่องนุ่งห่ม ที่ทำจากสิ่งทอ ขั้นการได้มาซึ่งวัตถุดิบ ข้อมูลการขนส่งวัตถุดิบ [9] โดยใช้สถานการณ์ที่กำหนดขึ้นคือ

- ระยะทางขนส่ง 700 กิโลเมตร (กรุงเทพฯ – เชียงใหม่)
- รูปแบบการขนส่งรถบรรทุกกึ่งพ่วง 22ล้อ ขนาด32 ตัน
- อัตราการขนส่งเที่ยวไป 100 % และเที่ยวกลับ 0 %

2. การขนส่งระหว่างกระบวนการผลิต

การขนส่งในช่วงการผลิตเสื้อผ้าบาติก ส่งผ้าผืนที่ทำเป็นผ้าบาติกแล้ว ส่งไปที่อำเภอสันกำแพงเพื่อตัดเย็บเป็นเสื้อเชิ้ต ระยะการเดินทางจากสถานประกอบการไปยังอำเภอสันกำแพง 7 กิโลเมตร ด้วยรถกระบะบรรทุก 4 ล้อขนาดเล็ก น้ำหนักบรรทุกสูงสุด 7 ตัน

3. การขนส่งขยะและซากผลิตภัณฑ์ไปกำจัด

การขนส่งการจัดการซากผลิตภัณฑ์ อ้างอิงสถานการณ์สมมติ ขั้นการใช้งาน ตามข้อกำหนดเฉพาะของผลิตภัณฑ์เครื่องนุ่งห่มที่ทำจากสิ่งทอ [9] ตั้งสมมติฐานโดยพิจารณาผลิตภัณฑ์ที่ต้องกำจัดทิ้งเป็นมูลฝอยชุมชน การกำจัดเป็นการฝังกลบขยะ และกำหนดการขนส่งขยะตามสถานการณ์สมมติดังนี้

- ระยะทางขนส่ง 40 กิโลเมตร
- รูปแบบการขนส่งรถบรรทุกขยะ 10 ล้อ ขนาด 16 ตัน
- อัตราการขนส่งเที่ยวไป 0 % และเที่ยวกลับ 100%

2.3.3 คาร์บอนฟุตพริ้นท์ของการผลิตผลิตภัณฑ์

ปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่เกิดจากการใช้พลังงานไฟฟ้า และความร้อนภายในสถานประกอบการผลิตเสื้อผ้าบาติก ไม่ได้เกิดขึ้นโดยตรงที่การใช้ไฟฟ้าภายในสถานประกอบการ แต่ให้ถือเป็นการปล่อยก๊าซเรือนกระจกทางอ้อมซึ่งเกิดขึ้นจากการผลิตกระแสไฟฟ้าจากโรงงานไฟฟ้า โดยสามารถคำนวนค่าแฟคเตอร์ของการปล่อยก๊าซเรือนกระจกซึ่งอยู่ในรูปของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์

2.3.4 คาร์บอนฟุตพริ้นท์ของการใช้งานผลิตภัณฑ์

ในขั้นตอนการใช้งานเสื้อผ้าบาติกอาจเกิดความไม่สะดวกในการรวบรวมข้อมูลตลอดการใช้งานของผลิตภัณฑ์หนึ่ง ๆ จึงอ้างจำนวนครั้งของการใช้งานตามข้อกำหนดเฉพาะของผลิตภัณฑ์ เครื่องนุ่งห่มที่ทำจากสิ่งทอ ซึ่งกำหนดให้ตลอดอายุการใช้งานของผลิตภัณฑ์มีการใส่แล้วซักรีดจำนวน 50 ครั้ง [9] โดยตั้งสมมติเหตุการณ์ จำนวนการใช้งานตลอดอายุของผลิตภัณฑ์ 50 ครั้ง

- การซักล้างและทำความสะอาดเครื่องนุ่งห่ม กำหนดให้การซักผ้า 1 ครั้งใช้เต็ม ความจุของเครื่องซักผ้าขนาด 7.0 กิโลกรัม และให้แห้งด้วยการตากแดด
- พลังงานที่ใช้ในเครื่องซักผ้าเต็มขนาดความจุ 0.14 กิโลวัตต์-ชม. ต่อครั้ง
- น้ำประปาปริมาณ 155 ลิตร ต่อครั้ง
- สารซักฟอก คือผงซักฟอกสูตรธรรมดา ปริมาณ 50 กรัม ต่อครั้ง
- น้ำเสียที่เกิดขึ้น 155 ลิตร ต่อครั้ง

2.3.5 คาร์บอนฟุตพริ้นท์ของการกำจัดซากผลิตภัณฑ์และบำบัดน้ำเสีย

การจัดการซากผลิตภัณฑ์ใช้วิธีการฝังกลบ น้ำเสียที่เกิดจากกระบวนการผลิตใช้การบำบัด แบบบ่อบำบัดตื้นแบบไม่เติมอากาศ ความลึกไม่เกิน 2 เมตร และน้ำเสียที่เกิดจากการใช้งานผลิตภัณฑ์ ใช้การปรับปรุงน้ำเสียชุมชนของเมืองขนาดใหญ่ [5]

2.4 การแปลผล

ทำการวิเคราะห์ปริมาณการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกของแต่ละกระบวนการ เพื่อหากระบวนการที่มีปริมาณการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกมากที่สุด และจัดทำแนวทางการปรับปรุงลดการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกในกระบวนการผลิตเสื้อผ้าบาติก

3. ผลการวิจัย

ปริมาณการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกระบวนการต่าง ๆ ตลอดวัฏจักรชีวิตของเสื้อคอเชิ้ตผ้าบาติก ขนาดอก 42 นิ้ว จำนวน 200 ตัว แสดงในตารางที่ 1 ถึง ตารางที่ 13

การปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกของการได้มาซึ่งวัตถุดิบประกอบด้วยวัตถุดิบที่ใช้ในการผลิต ผลการประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของการได้มาซึ่งวัตถุดิบ ดังตารางที่ 1 และ 2

ตารางที่ 1 ปริมาณก๊าซเรือนกระจกจากกระบวนการผลิตวัตถุดิบ

กิจกรรม	ปริมาณ	หน่วย	ค่า EF (kg CO_2-eq/หน่วย)	คาร์บอนฟุตพริ้นท์ (kg CO_2-eq)
ผ้าทอฝ้าย	20	kg	18.24	364.8
สบู่เทียม (Wetting Agent)	0.45	kg	2.3372	1.05
เทียน (Paraffin Wax)	10	kg	0.7982	7.98
โซเดียมซิลิเกต (Sodium Silicate)	20	kg	1.5922	31.84
น้ำยากันสีตก (Fixing Agent)	0.3	kg	1.82	0.54
สีรีแอคทีฟ สีส้ม	1.52	kg	31.1000	47.27
สีรีแอคทีฟ สีเขียว1	0.6	kg	31.1000	18.66
สีรีแอคทีฟ สีเขียว2	0.56	kg	31.1000	17.41
สีรีแอคทีฟ สีแดง	0.5	kg	31.1000	15.55
สีรีแอคทีฟ สีเหลือง	0.58	kg	31.1000	18.03
กระดุมเสื้อ (Polyester Resin)	2	kg	7.4185	14.83
เส้นด้ายพอลิเอสเทอร์ 100%	0.104	kg	4.8978	0.509
รวม				**538.5**

ตารางที่ 2 ผลการประเมินการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกของการได้มาซึ่งวัตถุดิบ

กระบวนการ	CF (kg CO_2-eq)	คิดเป็นร้อยละ
ผ้าทอฝ้าย	364.8	67.75
สบู่เทียม (Wetting agent)	1.05	0.2
เทียน (Paraffin wax)	7.982	1.48
โซเดียมซิลิเกต (Sodium silicate)	31.844	5.92

ตารางที่ 2 ผลการประเมินการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกของการได้มาซึ่งวัตถุดิบ (ต่อ)

กระบวนการ	CF (kg CO_2-eq)	คิดเป็นร้อยละ
น้ำยากันสีตก (Fixing agent)	0.546	0.1
สีรีแอคทีฟ	116.92	18.35
กระดุมเสื้อ (Polyester resin)	14.837	2.75
เส้นด้ายพอลิเอสเทอร์ 100%	0.5	0.1
รวม	**538.5**	**100**

จากตารางที่ 1 และ 2 พบว่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในขั้นตอนการได้มาซึ่งวัตถุดิบ มีค่ารวมเท่ากับ 538.5 kg CO_2-eq โดยมีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากผ้าทอฝ้ายสูงที่สุดคือ 364.8 kg CO_2-eq ซึ่งคิดเป็นร้อยละ 67.75 เนื่องจากผ้าฝ้ายทอเป็นวัตถุดิบหลักในการผลิต รองลงมาคือสีรีแอคทีฟ ที่ใช้ในการลงสีตามลวดลายของผ้า มีค่า 116.92 kg CO_2-eq คิดเป็นสัดส่วนร้อยละ 21.7

การปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกของการขนส่ง ประกอบการขนส่งวัตถุดิบ การขนส่งในช่วงการผลิต และการขนส่งช่วงการกำจัดซาก ผลการประเมินการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกของการขนส่ง ดังตารางที่ 3 ถึง ตารางที่ 6

ตารางที่ 3 ปริมาณก๊าซเรือนกระจกจากการขนส่งวัตถุดิบมายังแหล่งผลิต

กิจกรรม	**ข้อมูลการขนส่ง**			**ค่า EF**	**CF**
	ปริมาณ (t)	**ระยะทาง (km)**	**ประเภทพาหนะ**	**kg CO_2-eq/หน่วย**	**(kg CO_2-eq)**
ผ้าฝ้ายม้วน (ขาไป)[1] 100% Loading	0.02	25	**รถกระบะบรรทุก 4 ล้อ ขนาดเล็ก**	0.1402	0.07
ผ้าฝ้ายม้วน (ขากลับ)[1] 0% Loading	-	25	**น้ำหนักบรรทุกสูงสุด 7 ตัน**	0.3111	0.022
สบู่เทียม (ขาไป)[2] 100% Loading 4504	4.5 E-04	700		0.0457	0.014
สบู่เทียม (ขากลับ)[2] 0% Loading	-	700		1.0142	0.01
เทียน (ขาไป)[2] 100% Loading	0.01	700		0.0457	0.319
เทียน (ขากลับ)[2] 0% Loading	-	700		1.0142	0.221
โซเดียมซิลิเกต (ขาไป)[2] 100% Loading	0.02	700		0.0457	0.639
โซเดียมซิลิเกต (ขากลับ)[2] 0% Loading	-	700		1.0142	0.443
น้ำยากันสีตก (ขาไป)[2] 100% Loading	3 E-04	700		0.0457	0.0095
น้ำยากันสีตก (ขากลับ)[2] 0% Loading	-	700		1.0142	0.006
สีรีแอคทีฟ สีส้ม (ขาไป)[2] 100% Loading	1.52 E-03	700		0.0457	0.048
สีรีแอคทีฟ สีส้ม (ขากลับ)[2] 0% Loading	-	700		1.0142	0.033
สีรีแอคทีฟ สีเขียว 1 (ขาไป)[2] 100% Loading	6 E-04	700	**รถกระบะบรรทุกพ่วง 22 ล้อ**	0.0457	0.019
สีรีแอคทีฟ สีเขียว 1 (ขากลับ)[2] 0% Loading	-	700	**น้ำหนักบรรทุกสูงสุด**	1.0142	0.013
สีรีแอคทีฟ สีเขียว 2 (ขาไป)[2] 100% Loading	5.6 E-04	700	**32 ตัน วิ่งปกติ**	0.0457	0.017
สีรีแอคทีฟ สีเขียว 2 (ขากลับ)[2] 0% Loading	-	700		1.0142	0.012
สีรีแอคทีฟ สีแดง (ขาไป)[2] 100% Loading	5 E-04	700		0.0457	0.015
สีรีแอคทีฟ สีแดง (ขากลับ)[2] 0% Loading	-	700		1.0142	0.011
สีรีแอคทีฟ สีเหลือง (ขาไป)[2] 100% Loading	5.8 E-04	700		0.0457	0.018
สีรีแอคทีฟ สีเหลือง (ขากลับ)[2] 0% Loading	-	700		1.0142	0.012
กระดุมเสื้อ (Polyester resin) (ขาไป)[2] 100% Loading	0.002	700		0.0457	0.063
กระดุมเสื้อ (Polyester resin) (ขากลับ)[2] 0% Loading	-	700		1.0142	0.044

ตารางที่ 3 ปริมาณก๊าซเรือนกระจกจากการขนส่งวัตถุดิบมายังแหล่งผลิต (ต่อ)

กิจกรรม	ข้อมูลการขนส่ง			ค่า EF kg CO_2-eq/หน่วย	CF (kg CO_2-eq)
	ปริมาณ (t)	ระยะทาง (km)	ประเภทพาหนะ		
เส้นด้ายพอลิเอสเทอร์ 100% (ขาไป)[2] 100% Loading	1.04 E-04	700	รถกระบะบรรทุกพ่วง 22 ล้อ น้ำหนักบรรทุกสูงสุด 32 ตัน วิ่งปกติ	0.0457	0.0033
เส้นด้ายพอลิเอสเทอร์ 100% (ขากลับ)[2] 0% Loading	-	700		1.0142	0.0023
รวม					**2.07**

ตารางที่ 4 ปริมาณก๊าซเรือนกระจกจากการขนส่งระหว่างกระบวนการผลิต

กิจกรรม	ข้อมูลการขนส่ง			ค่า EF kg CO_2-eq/หน่วย	CF (kg CO_2-eq)
	ปริมาณ (t)	ระยะทาง (km)	ประเภทพาหนะ		
ผ้าฝ้ายผืน (ขาไป)[3] 100% Loading	0.02	7	รถกระบะบรรทุก 4 ล้อ ขนาดเล็ก น้ำหนักบรรทุกสูงสุด 7 ตัน	0.1402	0.019
ผ้าฝ้ายผืน (ขากลับ)[3] 0% Loading	-	7		0.3111	6.222E-03
เสื้อผ้าบาติก (ขาไป)[3*] 0% Loading	-	7		0.3111	9.333E-03
เสื้อผ้าบาติก (ขากลับ)[3*] 100% Loading	0.03	7		0.1402	0.029
รวม					**0.06**

*น้ำหนักเสื้อผ้าบาติกสำเร็จต่อตัวคือ 150 กรัม

ตารางที่ 5 ปริมาณก๊าซเรือนกระจกจากการขนส่งซากผลิตภัณฑ์ไปยังสถานที่กำจัด

กิจกรรม	ข้อมูลการขนส่ง			ค่า EF kg CO_2-eq/หน่วย	CF (kg CO_2-eq)
	ปริมาณ (t)	ระยะทาง (km)	ประเภทพาหนะ		
เสื้อผ้าบาติก (ขาไป) 100% Loading	0.031	40	รถบรรทุกขยะ 10 ล้อ น้ำหนักบรรทุกสูงสุด 16 ตัน	0.0472	0.058
เสื้อผ้าบาติก (ขากลับ) 0% Loading	-	40		0.4892	0.037
รวม					**0.09**

*เศษผ้า 5% = 1 kg. เสื้อผ้าบาติกหนัก (150 g/ตัว*200) = 30 kg

ตารางที่ 6 ผลการประเมินการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกของการขนส่ง

รายการ	CF (kg CO_2-eq)	คิดเป็นร้อยละ
การขนส่งวัตถุดิบ	2.07	92.8
การขนส่งในช่วงการผลิต	0.06	2.88
การขนส่งช่วงการกำจัดซาก	0.09	4.32
รวม	**2.23**	**100**

จากตารางที่ 6 พบว่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในขั้นตอนการขนส่ง มีค่ารวมเท่ากับ 2.23 kg CO_2-eq โดยมีการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจก จากการขนส่งวัตถุดิบคือ 2.07 kg CO_2-eq ซึ่งคิดเป็นร้อยละ 92.8

การปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกของกระบวนการผลิต ในขั้นตอนการผลิตเสื้อผ้าบาติก มีการใช้น้ำประปา พลังงาน และความร้อนเป็นปัจจัยหลัก ดังตารางที่ 7 และ 8

ตารางที่ 7 ปริมาณก๊าซเรือนกระจกจากการผลิตผลิตภัณฑ์

กิจกรรม	ปริมาณ	หน่วย	ค่า EF (kg CO_2-eq/หน่วย)	CF (kg CO_2-eq)
น้ำประปา (ทำความสะอาดผ้าฝ้ายผืน)	0.25	m^3	0.7043	0.176
น้ำประปา (ทำความสะอาดสี/เทียน)	0.8	m^3	0.7043	0.5634
น้ำประปา (ใช้ผสมน้ำยากันสีตก)	0.2	m^3	0.7043	0.14
ก๊าซหุงต้ม (ทำความสะอาดผ้าฝ้ายผืน)	7.2	kg	0.4122	2.967
ก๊าซหุงต้ม (ลงเทียนลายผ้า)	4	kg	0.4122	1.648
ก๊าซหุงต้ม (ทำความสะอาดสี/เทียน)	13.6	kg	0.4122	5.605
ไฟฟ้าเครื่องซักผ้า (ขนาดบรรจุถัง 6.5 kg)	0.0182	kWh	0.6093	0.011
ไฟฟ้าจักรเย็บผ้า (มอเตอร์ขนาด 250W)	16.667	kWh	0.6093	10.1552
ไฟฟ้าเตารีด (เตารีดไอน้ำ 700W)	2.33	kWh	0.6093	1.4196
การใช้พลังงานก๊าซหุงต้ม	24.8	kg	3.11	77.12
การใช้พลังงานไฟฟ้า	19.01	kWh	0.5610	10.66
บำบัด (น้ำเสียจากกระบวนการผลิต)	1.25	m^3	0.0004	0.0006
รวม				**110.46**

ตารางที่ 8 ผลการประเมินการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจก ของกระบวนการผลิต

รายการ	CF (kg CO_2-eq)	คิดเป็นร้อยละ
น้ำประปา (ทำความสะอาดผ้าฝ้ายผืน)	0.176	0.15
น้ำประปา (ทำความสะอาดสี/เทียน)	0.5634	0.5
น้ำประปา (ใช้ผสมน้ำยากันสีตก)	0.14	0.13
ก๊าซหุงต้ม (ทำความสะอาดผ้าฝ้ายผืน)	2.967	2.68
ก๊าซหุงต้ม (ลงเทียนลายผ้า)	1.64	1.5
ก๊าซหุงต้ม (ทำความสะอาดสี/เทียน)	5.6	5.08
ไฟฟ้าเครื่องซักผ้า	0.011	0.01
ไฟฟ้าจักรเย็บผ้า	10.1552	9.2
ไฟฟ้าเตารีด	1.4196	1.3
การใช้พลังงานก๊าซหุงต้ม	77.12	69.8
การใช้พลังงานไฟฟ้า	10.66	9.65
บำบัด (น้ำเสียจากกระบวนการผลิต)	0.0006	100
รวม	**110.46**	

จากตารางที่ 7 และ 8 พบว่าการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกในขั้นตอนกระบวนการผลิต มีค่ารวมเท่ากับ 110.46 kg CO_2-eq โดยมีการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากขั้นตอนการใช้พลังงานก๊าซหุงต้มสูงที่สุดคือ 77.12 kg CO_2-eq ซึ่งคิดเป็นร้อยละ 69.8 รองลงมาคือการใช้พลังงานไฟฟ้า มีค่า 10.66 kg CO_2-eq คิดเป็นสัดส่วนร้อยละ 9.65

การปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกของการใช้งานผลิตภัณฑ์เสื้อผ้าบาติก ดังตารางที่ 9 และ 10

จากตารางที่ 9 และ 10 พบว่าการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกในขั้นตอนการใช้งานผลิตภัณฑ์เสื้อผ้าบา-ติก จำนวน 200 ตัว มีค่ารวมเท่ากับ 64.32 kg CO_2-eq โดยมีการปลด ปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการใช้น้ำประปามากที่สุดคือ 23.41 kg CO_2-eq ซึ่งคิดเป็นร้อยละ 36.4 โดยปริมาณการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจก ในขั้นตอนการใช้งานผลิตภัณฑ์เสื้อผ้าบาติก จำนวน 1 ตัว จะมีค่าเท่ากับ 0.32 kg CO_2-eq

ตารางที่ 9 ปริมาณก๊าซเรือนกระจกจากการใช้งานผลิตภัณฑ์

กิจกรรม	ปริมาณ	หน่วย	ค่า EF (kg CO_2-eq/หน่วย)	CF (kg CO_2-eq)
น้ำประปา 155ลิตร/ครั้ง	33.24	m^3	0.7043	23.41
ไฟฟ้าเครื่องซักผ้า 0.14 kWh/ครั้ง	30.03	kWh	0.6039	18.29
ผงซักฟอก 50 กรัม/ครั้ง	10.72	kg	2.11	22.62
รวม				**64.32**

ตารางที่ 10 ผลการประเมินการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกของการใช้งานผลิตภัณฑ์เสื้อผ้าบาติก

รายการ	CF (kg CO_2-eq)	คิดเป็นร้อยละ
น้ำประปา	23.41	36.4
ไฟฟ้าเครื่องซักผ้า	18.297	28.44
ผงซักฟอก	22.62	35.16
รวม	**64.32**	**100**

การวิเคราะห์เปรียบเทียบการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจก กับงานวิจัยผลิตภัณฑ์ที่เกี่ยวข้อง เลือกเปรียบเทียบอ้างอิงกับเสื้อเฉดอ่อน [10] การปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกในขั้นตอนการใช้งานผลิตภัณฑ์ มีค่าเท่ากับ 0.99 kg CO_2-eq

พบว่าเสื้อผ้าเฉดอ่อนมีการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกในขั้นตอนการใช้งานผลิตภัณฑ์มากกว่า เสื้อผ้าบาติก เนื่องจากจำนวนครั้งการใช้งานผลิตภัณฑ์ของเสื้อเฉดอ่อนกำหนดกรณีศึกษาที่จำนวน 100 ครั้ง ในขณะที่จำนวนครั้งการใช้งานผลิตภัณฑ์ของเสื้อผ้าบาติกกำหนดกรณีศึกษาที่จำนวน 50 ครั้ง

การปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกของการกำจัดซากและบำบัดน้ำเสีย ดังตารางที่ 11

ตารางที่ 11 ปริมาณก๊าซเรือนกระจกจากการกำจัดซากผลิตภัณฑ์และบำบัดน้ำเสีย

กิจกรรม	ปริมาณ	หน่วย	ค่า EF (kg CO_2-eq/ หน่วย)	CF (kg CO_2-eq)
กำจัดซาก (ผ้า)	0.031	t	2	0.062
บำบัด (น้ำเสียจากการใช้งานผลิตภัณฑ์)	33,247	L	1.312 E-04	4.36
รวม				**4.42**

ตารางที่ 12 ผลการประเมินการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกของการกำจัดซาก

รายการ	CF (kg CO_2-eq)	คิดเป็นร้อยละ
กำจัดซาก (ผ้า)	0.06	1.4
บำบัด (น้ำเสียจากการใช้งานผลิตภัณฑ์)	4.36	98.6
รวม	**4.42**	**100**

จากตารางที่ 11 และ 12 พบว่าการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกในขั้นตอนการกำจัดซากผลิตภัณฑ์และบำบัดน้ำเสีย มีค่ารวมเท่ากับ 4.42 kg CO_2-eq โดยมีการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการบำบัดน้ำเสีย (จากการใช้งานผลิตภัณฑ์) สูงที่สุดคือ 4.36 kg CO_2-eq ซึ่งคิดเป็นร้อยละ 98.6 รองลงมาคือกำจัดซาก (ผ้า) มีค่า 0.06 kg CO_2-eq คิดเป็นสัดส่วนร้อยละ 1.4

ผลรวมการประเมินการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกของผลิตภัณฑ์เสื้อผ้าบาติก ปริมาณก๊าซเรือนกระจกของเสื้อผ้าบาติกขนาดอก 42 นิ้ว จำนวน 200 ตัว ดังตารางที่ 13

ตารางที่ 13 ปริมาณก๊าซเรือนกระจกของเสื้อผ้าบาติก

กระบวนการ	CF (kg CO_2-eq)	คิดเป็นร้อยละ
กระบวนการผลิตวัตถุดิบ	538.5	74.8
กระบวนการขนส่ง	2.23	0.3
กระบวนการผลิตผลิตภัณฑ์	110.46	15.35
กระบวนการใช้งานผลิตภัณฑ์	64.32	8.95
กระบวนการกำจัดซากผลิตภัณฑ์และบำบัดน้ำเสีย	4.42	0.6
รวม	719.93	100

จากตารางที่ 13 พบว่าเสื้อผ้าบาติกคอเชิ้ตขนาดอก 42 นิ้ว จำนวน 200 ตัว มีการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกทั้งสิ้น 719.93 kg CO_2-eq ขั้นตอนที่ปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกมากที่สุดคือ กระบวนการได้มาซึ่งวัตถุดิบมีการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกเท่ากับ 538.5 kg CO_2-eq ซึ่งคิดเป็นร้อยละ 74.8 รองลงมาคือกระบวนการผลิตผลิตภัณฑ์ มีการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจก 110.46 kg CO_2-eq คิดเป็นสัดส่วนร้อยละ 15.35 ถัดมาคือกระบวนการใช้งานผลิตภัณฑ์เสื้อผ้าบาติก มีการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจก 64.32 kg CO_2-eq คิดเป็นสัดส่วนร้อยละ 8.95 ลำดับต่อมาคือกระบวนการกำจัดซากผลิตภัณฑ์และบำบัดน้ำเสียมีการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจก 4.42 kg CO_2-eq คิดเป็นสัดส่วนร้อยละ 0.6 สุดท้ายคือกระบวนการขนส่งมีการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจก 2.23 kg CO_2-eq คิดเป็นสัดส่วนร้อยละ 0.3

4. สรุปผล

ปริมาณการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจก ที่เกิดจากวัฏจักรชีวิตของเสื้อผ้าบาติกขนาดอก 42 นิ้ว โดยกำหนดให้หน่วยการทำงานเป็นเสื้อ 1 ตัว มีค่าเท่ากับ 3. 59 kg CO_2-eq กระบวนการที่ปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกมากที่สุดคือกระบวนการผลิตวัตถุดิบ มีการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกปริมาณ 2.69 kg CO_2-eq ซึ่งคิดเป็นร้อยละ 74.8 รองลงมาคือกระบวนการผลิต กระบวนการใช้งาน กระบวนการกำจัดซากและบำบัดน้ำเสีย และกระบวนการขนส่งซึ่งมีปริมาณการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกคิดเป็นสัดส่วนร้อยละ 15.35, 8.95, 0.6 และ 0.3 ตามลำดับ

จากปริมาณการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่สูงที่สุดคือกระบวนการได้มาซึ่งวัตถุดิบ เนื่องจากวัตถุดิบหลักในการผลิตเสื้อผ้าบาติกและมีปริมาณการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกมากที่สุดคือ ผ้าทอฝ้าย ดังนั้นเพื่อเป็นการลดการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกของเสื้อผ้าบาติก จึงควรเลือกใช้ผ้าทอฝ้ายที่ผลิตแบบออร์แกนิกส์ ซึ่งค่าสัมประสิทธิ์การปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกของเส้นใยฝ้ายจากการผลิตแบบ ออร์แกนิกส์เท่ากับ 2.45 kg CO_2-eq/kg ขณะที่ค่าสัมประสิทธิ์ของเส้นใยฝ้ายจากจากการผลิตแบบดั้งเดิม มีค่าเท่ากับ 6.05 kg CO_2-eq/kg [9] ซึ่งหากนำเส้นใยฝ้ายจากการผลิตแบบออร์แกนิกส์มาทอเป็นผ้าฝ้ายและตัดเย็บเป็นตัวเสื้อจะมีผลให้มีปริมาณการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากวัตถุดิบลดลงร้อยละ 59.7 และปริมาณการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกรวมตลอดวัฏจักรเสื้อผ้าบาติกลดลงร้อยละ 65.67 เมื่อเทียบกับปริมาณก๊าซเรือนกระจกของการใช้เส้นใยฝ้ายจากการผลิตแบบดั้งเดิม และควรเลือกใช้สีที่ใช้ในการย้อมลายผ้าบาติกเป็นสีธรรมชาติ

เช่น สีแดง ได้จาก แก่นฝาง สีคราม ได้จาก รากและใบของต้นคราม สีเหลือง ได้จาก แก่นขนุน สีดำ ได้จาก ผลมะเกลือ เป็นต้น จะช่วยลดปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกได้ในหลายขั้นตอน เนื่องจากสีธรรมชาติอาจผลิตได้เองภายในท้องถิ่น ทำให้ลดปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกได้ในกระบวนการขนส่ง และการได้มาซึ่งวัตถุดิบ

5. เอกสารอ้างอิง

[1] Thailand Textile Institute, “The Textile Industry And Apparel 2013”, Available: http://www.thai-textile.org/main/documents, February 2014. (in Thai)

[2] J. Wongthanate and L. Moongwattana “CleanTechnology of Waste Management in Dairy Farming, Ratchaburi Province”, The Journal of Industrial Technology, 10(1), 2014, pp. 38–49. (in Thai)

[3] P. Dechasiri, A. Suriyawong and W. Wangjiraniran, “Potential on Energy-Related Greenhouse Gas Mitigation of Textile Industry in Thailand”, Journal of Energy Research, 10(1), 2013, pp. 18-33. (in Thai)

[4] Thailand Greenhous Gas Management Organization (Public Organization), “Guidelines for assessing the carbon footprint of products”, Amarin print string and Publishing Public Company Limited (Thailand), 2013. (in Thai)

[5] Ministry of Energy, “Projected volume ofgreenhouse gas emissions in Thailand between 1998 – 2020”, Available: http://www.energy.go.-th, 10 January 2014. (in Thai)

[6] Department of Industrial Works, "Guide to Energy Efficiency in Industrial textiles", Available: www2.diw.go.th/safety/pdf, 07 February 2014. (in Thai)

[7] Department of Environmental Quality, “The production of a community that has been labeled carbon”, Siam dubbed limited, 2011. (in Thai)

[8] The Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), “Stationary combustion”, in IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories 2(2), 2006, pp. 2.1–2.47.

[9] Thailand Greenhouse Gas Management Organization (Public Organization), Product category rules: PCRs,Guideline for PCR “apparel made from textile”, Available: http://thaicarbon-label.tgo.or.th/products_rules/products_rules.pnc, 07 February 2014. (in Thai)

[10] D. Narupol, K. Thanpinit and T. Sittinun, “Carbon Footprint Assessment of Pale Shade Shirt”, SWU Engineering Journal 8(2), 2013, pp. 32-39. (in Thai)